

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-122223

(43)Date of publication of application : 26.04.2002

(51)Int.Cl.

F16H 61/02

G06F 17/50

(21)Application number : 2001-244718

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 10.08.2001

(72)Inventor : HAGIWARA KENJI  
TAKEDA YOHEI  
SUZUKI SHOICHI  
KAMIYAMAGUCHI TSUTOMU  
TERAYAMA SATORU  
YODA AKIRA

(30)Priority

Priority number : 2000244413

Priority date : 11.08.2000

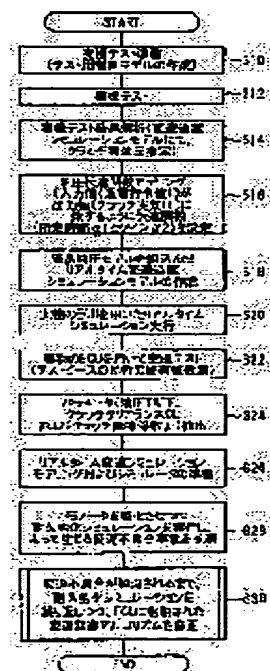
Priority country : JP

## (54) DEVELOPMENT SUPPORTING DEVICE FOR CONTROLLER OF AUTOMATIC TRANSMISSION FOR VEHICLE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To dispense with trial manufacture when verifying the product property of an automatic transmission, reduce actual endurance deterioration test time and man-hour when mounting it in an actual vehicle, improve development efficiency, and reduce cost required for verification of the product property.

**SOLUTION:** An actual vehicle test is conducted using an ECU to analyze characteristics (S22), durability deterioration simulation is performed using a model while changing parameters (oil temperature TATF, etc.), to estimate gear shift defect event occurring in the simulation from model behavior changes (S26, S28), and endurance deterioration simulation is repeated until the gear shift defect event is removed to correct control algorithm (S30).



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-122223  
(P2002-122223A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
F 1 6 H 61/02		F 1 6 H 61/02	3 J 5 5 2
G 0 6 F 17/50	6 1 2	G 0 6 F 17/50	6 1 2 A 5 B 0 4 6
	6 8 0		6 8 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 22 頁)

(21)出願番号 特願2001-244718(P2001-244718)  
(22)出願日 平成13年8月10日(2001.8.10)  
(31)優先権主張番号 特願2000-244413(P2000-244413)  
(32)優先日 平成12年8月11日(2000.8.11)  
(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005326  
本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号  
(72)発明者 萩原 顕治  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(72)発明者 竹田 洋平  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(74)代理人 100081972  
弁理士 吉田 豊

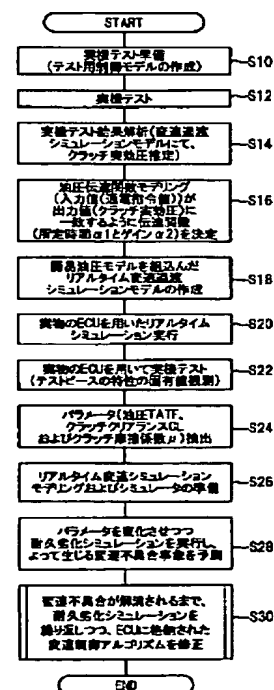
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置

(57)【要約】

【課題】 自動変速機の商品性の検証に際し、試作を不要とすると共に、実機に搭載しての実際の耐久劣化テスト時間や工数を削減し、開発効率を向上させると共に、商品性の検証に要するコストを低減させる。

【解決手段】 ECUを用いて実機テストを行って特性を解析し(S22)、パラメータ(油温TATFなど)を変化させつつ、モデルを用いて耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象をモデル挙動変化から予測し(S26、S28)、変速不具合事象が解消されるまで、耐久劣化シミュレーションを繰り返しつつ、制御アルゴリズムを修正する(S30)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両に搭載された内燃機関に接続され、変速制御アルゴリズムに従って少なくともスロットル開度、車速および油温に基づいて摩擦係合要素を含む油圧アクチュエータを介して前記内燃機関の出力を変速して前記車両の駆動輪に伝達する車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置において、

a. 前記車両の自動変速機の制御装置に接続されて前記変速制御アルゴリズムを入力し、前記変速制御アルゴリズムに従って変速したときの前記自動変速機の特性を解析する特性解析手段、

b. 前記自動変速機が耐久劣化するとき前記解析された特性に影響を与えるパラメータを抽出するパラメータ抽出手段、

c. 前記パラメータを変化させつつ前記車両、前記内燃機関および前記自動変速機の挙動を記述するモデルに基づいて耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象を前記モデルの挙動変化に基づいて予測する変速不具合事象予測手段、および

d. 前記予測された変速不具合事象が解消されるまで、前記耐久劣化シミュレーションを繰り返しつつ、前記解析された特性に基づいて前記変速制御アルゴリズムを修正する変速制御アルゴリズム修正手段、を備えることを特徴とする車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置。

【請求項 2】 前記変速不具合事象予測手段は、

e. 前記抽出されたパラメータの値を変化させたときの前記モデルの挙動の変化を求めてデータベースとして蓄積するデータベース化手段、を備えることを特徴とする請求項 1 項記載の車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置。

【請求項 3】 前記変速制御アルゴリズム修正手段は、前記変速制御アルゴリズムを最小限の補正量で修正することを特徴とする請求項 1 項または 2 項記載の車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置。

【請求項 4】 前記パラメータが、前記自動変速機の作動油温、前記摩擦係合要素のクリアランス、前記摩擦係合要素の摩擦係数の少なくともいずれかであることを特徴とする請求項 1 項から 3 項のいずれかに記載の車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置。

【請求項 5】 前記不具合事象予測手段が、

f. 前記自動変速機の制御装置に接続されて前記変速制御アルゴリズムを入力し、入力した変速制御アルゴリズムに基づいて供給油圧指令値を出力する供給油圧指令値出力手段、

g. 前記供給油圧指令値を入力し、前記自動変速機を含む系全体の動作を記述する第 1 のモデルに基づき、前記供給油圧指令値に応じて前記自動変速機の摩擦係合要素に生じるであろう推定実効圧力を算出する推定実効圧力算出手段、

h. 前記摩擦係合要素の動作を記述する第 2 のモデルに基づき、前記供給油圧指令値に応じて算出される出力が、前記推定実効圧力に一致するように前記第 2 のモデルの伝達関数を設定すると共に、前記伝達関数を所定のパラメータから検索自在に記憶する油圧伝達関数モデリング手段、および

i. 前記第 1 のモデルと前記第 2 のモデルとから前記モデルを作成するモデル作成手段、

を含むことを特徴とする請求項 1 項から 4 項のいずれかに記載の車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置に関し、具体的には耐久劣化シミュレーションを行って変速不具合事象を予測する開発支援装置（シミュレータ）に関する。

【0002】

【従来の技術】車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置、より具体的にはシミュレータとして、5 速プラネタリ式自動変速機を対象にその油圧挙動を解析する手法が知られている（A V E C ' 94。1994 年 10 月）。また、実車に搭載された E C U（電子制御ユニット）を組み込んだハードウェア・イン・ザ・ループ（H I L S）と呼ばれるシミュレータを用いて行う手法も、知られている（社団法人自動車技術会 学術公演会前刷集 983、1998 年 5 月）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来、自動変速機において耐久劣化（耐久信頼性）テストを通じて商品性を検証するに際しては、自動変速機を試作して事前テストを行い、次いで長期間にわたって実際のテスト（実機エンジンをを用いたベンチテスト）を行っており、試作費も含めて多大の費用を必要としていた。特に、実機との同時開発を余儀なくされる結果、開発効率の面で満足し難いものであった。

【0004】従って、この発明の目的は上記した課題を解決し、実際の制御装置を用いて自動変速機の耐久劣化テストをシミュレートすることで、自動変速機の試作や事前テストを不要としてテスト期間や工数を軽減し、開発効率を向上させると共に、コストも低減させるようにした車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置を提供することにある。

【0005】さらに、長期間にわたる耐久劣化テストをシミュレートするには、シミュレート時間を短縮して実際の変速時間に可能な限り近い時間で行うのが望ましいが、従来、実際の変速と同一の時間（リアルタイム）でシミュレートする開発支援装置は提案されていなかったのみならず、実際の変速に近い時間でもシミュレートする開発支援装置も従来提案されていなかった。

【0006】従って、この発明の第 2 の目的は上記した

課題を解決し、実際の変速に近い時間で自動変速機の耐久劣化テストをシミュレートし、よって開発効率を一層向上させると共に、コストも一層低減させるようにした車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置を提供することにある。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を解決するために、この発明は請求項1項にあっては、車両に搭載された内燃機関に接続され、変速制御アルゴリズムに従って少なくともスロットル開度、車速および油温に基づいて摩擦係合要素を含む油圧アクチュエータを介して前記内燃機関の出力を変速して前記車両の駆動輪に伝達する車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置において、前記車両の自動変速機の制御装置に接続されて前記変速制御アルゴリズムを入力し、前記変速制御アルゴリズムに従って変速したときの前記自動変速機の特性、より具体的にはその特性の中の前記自動変速機に固有の値を解析する特性解析手段、前記自動変速機が耐久劣化するときに前記解析された特性に影響を与えるパラメータを抽出するパラメータ抽出手段、前記パラメータを変化させつつ前記車両、前記内燃機関および前記自動変速機の挙動を記述するモデルに基づいて耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象を前記モデルの挙動変化に基づいて予測する変速不具合事象予測手段、および前記予測された変速不具合事象が解消されるまで、前記耐久劣化シミュレーションを繰り返しつつ、前記解析された特性に基づいて前記変速制御アルゴリズムを修正する変速制御アルゴリズム修正手段を備える如く構成した。

【0008】変速制御アルゴリズムを入力して自動変速機の特性を解析し、自動変速機が耐久劣化するときに前記解析された特性に影響を与えるパラメータを抽出し、パラメータを変化させつつ自動変速機などの挙動を記述するモデルに基づいて耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象を予測すると共に、予測された変速不具合事象が解消されるまで、耐久劣化シミュレーションを繰り返しつつ、変速制御アルゴリズムを修正する如く構成したので、自動変速機の試作あるいは実際のテスト（実機エンジンをを用いたベンチテスト）時間や工数を低減することができる。それによって、開発効率を向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも低減することができる。

【0009】請求項2項においては、前記変速不具合事象予測手段は、前記抽出されたパラメータの値を変化させたときの前記モデルの挙動の変化を求めてデータベースとして蓄積するデータベース化手段を備える如く構成した。

【0010】抽出されたパラメータの値を変化させたときのモデルの挙動の変化を求めてデータベースとして蓄積する、換言すればモデリングを行ってその結果をデー

タベースとして蓄積する如く構成したので、例えば別の自動変速機について耐久劣化シミュレーションを実行する際などの演算量を低減することができ、それによって耐久劣化シミュレーション時間を短縮することができて開発効率を一層向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも一層低減することができる。

【0011】請求項3項においては、前記変速制御アルゴリズム修正手段は、前記変速制御アルゴリズムを最小限の補正量で修正する如く構成した。

【0012】変速制御アルゴリズムを最小限の補正量で修正する如く構成したので、耐久劣化シミュレーションを実行する際の演算量を低減することができ、それによって耐久劣化シミュレーション時間を短縮することができて開発効率を一層向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも一層低減することができる。

【0013】請求項4項においては、前記パラメータが、前記自動変速機の作動油温、前記摩擦係合要素のクリアランス、前記摩擦係合要素の摩擦係数の少なくともいずれかである如く構成した。

【0014】前記パラメータが、作動油温、摩擦係合要素のクリアランス、摩擦係合要素の摩擦係数の少なくともいずれかである如く構成したので、換言すれば、耐久劣化するときに特性、より具体的には特性から決定される変速事象に影響する度合いが高い耐久劣化因子を用いるようにしたので、変速不具合事象の発生の有無を正確に予測することができる。

【0015】請求項5項においては、前記不具合事象予測手段が、前記自動変速機の制御装置に接続されて前記変速制御アルゴリズムを入力し、入力した変速制御アルゴリズムに基づいて供給油圧指令値を出力する供給油圧指令値出力手段、前記供給油圧指令値を入力し、前記自動変速機を含む系全体の動作を記述する第1のモデルに基づき、前記供給油圧指令値に応じて前記自動変速機の摩擦係合要素に生じるであろう推定実効圧力を算出する推定実効圧力算出手段、前記摩擦係合要素の動作を記述する第2のモデルに基づき、前記供給油圧指令値に応じて算出される出力が、前記推定実効圧力に一致するように前記第2のモデルの伝達関数を設定すると共に、前記伝達関数を所定のパラメータから検索自在に記憶する油圧伝達関数モデリング手段、および前記第1のモデルと前記第2のモデルとから前記モデルを作成するモデル作成手段を含む如く構成した。

【0016】自動変速機を含む系全体の動作を記述する第1のモデルに基づき、供給油圧指令値に応じて前記自動変速機の摩擦係合要素に生じるであろう推定実効圧力を算出し、前記摩擦係合要素の動作を記述する第2のモデルに基づき、前記供給油圧指令値に応じて算出される出力が、前記推定実効圧力に一致するように前記第2のモデルの伝達関数を設定し、前記第1のモデルに前記第

2のモデルを組み込んでなるモデルに基づき、前記格納された変速制御アルゴリズムをシミュレートして検証・評価する如く構成した、換言すれば、非線形な挙動を示す摩擦係合要素の動作を記述する第2のモデルを、その伝達関数が第1のモデルに基づいて得た推定実効圧力に一致するように作成すれば足るようにしたので、第2のモデルは簡易な構成で足りることから、シミュレーション時間を短縮することができ、実際の変速状態にほぼ近い時間で実行することができる。よって、開発効率を一層向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも一層低減することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に即してこの発明の一つの実施の形態に係る車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置、より具体的にはシミュレータを説明する。

【0018】図1はその装置を全体的に示す概略図である。

【0019】開発支援装置10は、車両12に搭載される内燃機関（エンジン）Eに接続され、変速制御アルゴリズム（量産車用制御アルゴリズム）に従って少なくともスロットル開度THHFおよび車速Vに基づいてクラッチ（摩擦係合要素。後述）などの油圧アクチュエータ（図1で図示省略。後述）を介して前記エンジンEの出力を変速して駆動輪14に伝達する自動変速機（トランスミッション）Tの制御装置の開発支援装置、より具体的にはシミュレータである。トランスミッションTは、平行軸式の前進5速後進1段の構造を備える。

【0020】図2は、そのトランスミッションTを簡略化して前進2速について示すスケルトン図である。平行軸式にあっては、平行に配置されたメインシャフトMSとカウンタシャフトCSに、常時噛み合い型の複数のギヤ16と、そのそれぞれに油圧式のクラッチ（摩擦係合要素。前記した油圧アクチュエータ）20が配置される構造となる。

【0021】クランクシャフトから取り出されたエンジントルクは、トルクコンバータ24を介してメインシャフトMSに伝達され、対応する速度段（変速段）のギヤとクラッチを介してカウンタシャフトCSと最終減速ギヤ26を経てドライブシャフト30に伝達され、さらに図1に示す駆動輪14に伝達される。

【0022】各要素の運動方程式を同図の下部に示す。トランスミッションTでの変速は、前段クラッチを解放すると共に、次段クラッチを係合してギヤを切り換えることで行われる。その変速状態（変速過渡状態）における相ごとのメインシャフトMSとカウンタシャフトCS上での釣合い式を同図の末尾に示す。変速過渡状態は、式4と5によって表現され、ローギヤ駆動、トルク相、イナーシャ相、ハイギヤ駆動の順で進行する。

【0023】図1の説明に戻ると、開発支援装置10は

マイクロコンピュータ34を備え、マイクロコンピュータ34は、トランスミッションTの制御装置（ECU（電子制御ユニット））32に接続されると共に、その内部には、前記変速制御アルゴリズムを入力し、入力した変速制御アルゴリズムに基づいて供給油圧指令値QATを出力する、マイクロコンピュータからなる制御系設計ツール（供給油圧指令値出力手段）34aを格納する。制御系設計ツール34aはコンピュータ・エイデッド・デザイン（CAD）プログラムあるいはパッケージからなり、モデルの作成（モデリング）、作成したモデルのダウンロードおよびモニタなどを行う。

【0024】ECU32について説明すると、図示は省略するが、エンジンEおよび車両12の適宜位置には、以下に述べるセンサ群が設けられ、ECU32は（実車搭載時には）それらの出力を入力するものとする。即ち、エンジン回転数 $\omega_E$ に応じた出力を生じるクランク角センサ、エンジン負荷（吸気管内絶対圧）に応じた出力を生じる絶対圧センサ、スロットル開度THHFに応じた出力を生じるスロットル開度センサ、車速Vに応じた出力を生じる車速センサ、運転者が操作するシフトレバーの位置に応じた出力を生じるシフトレバーポジションセンサなどが設けられる。

【0025】また、トランスミッションTにおいてメインシャフトMSの付近には回転数センサが設けられ、メインシャフトMSが1回転する度にメインシャフト回転数 $\omega_{MS}$ を示す信号を出力すると共に、カウンタシャフトCSの付近にも回転数センサが設けられてカウンタシャフトCSが1回転する度にカウンタシャフト回転数 $\omega_{CS}$ を示す信号を出力する。

【0026】また、トランスミッションTの適宜位置には温度センサが設けられ、油温（Automatic Transmission Fluid温度。作動油の温度）TATFに比例した信号を出力すると共に、ブレーキペダルにはブレーキスイッチが設けられ、ブレーキ操作が行われると、オン信号を出力する。

【0027】ECU32は、図示しないCPU、ROM、RAM、入力回路、および出力回路からなるマイクロコンピュータから構成され、ROMに格納された変速制御アルゴリズムに従って検出されたスロットル開度THHFおよび車速Vに基づいてシフト位置（ギヤあるいは速度段あるいは変速段）を決定する。

【0028】そして、ECU32は、クラッチ20に接続される油圧回路（後述）に配置されたリニアソレノイドおよびシフトソレノイドを励磁／非励磁して決定した変速段（シフト位置）となるように変速を制御する。

【0029】尚、この発明の特徴はECU32が行う変速制御動作にあるのではなく、ECU32の変速制御動作を検証・評価する開発支援装置10にあるので、ECU32が行う変速制御の説明はこの程度に止める。

【0030】また、開発支援装置10は第2のマイクロ

コンピュータ36を備える。第2のマイクロコンピュータ36は、前記供給油圧指令値QATを入力し、変速過渡シミュレーションモデル（第1のモデル）に基づき、前記供給油圧指令値QATに応じてトランスミッションTのクラッチ20に生じるであろう推定クラッチ実効圧（推定実効圧力）を算出する第1のシミュレータ（実効圧力算出手段）36aを格納する。

【0031】第1のシミュレータ36aもコンピュータ・エイデッド・デザイン（CAD）プログラムあるいはパッケージからなる。第2のマイクロコンピュータ36は、ECU32と比較すると、整数演算で約10倍以上の高速計算処理能力を備える。

【0032】図示の構成において、制御系設計ツール34aは、第1のシミュレータ36aを格納するマイクロコンピュータ36を介してECU32に接続される。具体的にはECU32と第1のシミュレータ36aを格納するマイクロコンピュータ36の間にはデュアルポートラム38が配置され、ECU32と第1のシミュレータ36aの間の通信（割り込み）を実行する。第1のシミュレータ36aは制御系設計ツール34aを格納するマイクロコンピュータ34からモデルを入力し、デュアルポートラム38を介してECU32と10ms程度ごとに通信する。

【0033】より具体的には、10ms程度ごとに、図3に示す如く、制御系設計ツール34aはECU32から変速信号QATNUM（n速へのアップあるいはダウンシフト指令）、スロットル開度THHFおよびエンジン回転数 $\omega E$ を入力（受信）し、それらに基づいて供給油圧指令値QATを算出してECU32に出力（送信）する。

【0034】ECU32は、入力した供給油圧指令値QATに基づき、前記したクラッチ20を励磁・非励磁して駆動するリニアソレノイド（電磁ソレノイド）への通電指令値を算出する。以下、この通電指令値を「IAC T」という。

【0035】供給油圧指令値QATは、より詳しくはON（係合）側供給油圧指令値QATONおよびOFF（解放）側供給油圧指令値QATOFFからなる。図4にQATONを、図5にQATOFFを示す。かかる供給油圧指令値が時間軸に沿って出力される。

【0036】図1に示す構成において、第1のシミュレータ36aは、制御系設計ツール34aからECU32を介して間接的に出力される供給油圧指令値QATを入力し、テスト用変速制御アルゴリズムに基づいて計測し、計測が終了した後、オフラインで変速過渡シミュレーションモデル（第1のモデル。後述）に基づき、供給油圧指令値QAT（より具体的には通電指令値IAC T）に応じてクラッチ20に生じるであろう推定クラッチ実効圧（推定実効圧力）を算出する。

【0037】さらに、開発支援装置10は、クラッチの

動作を記述する第2のモデル（簡易油圧モデル。後述）に基づき、前記供給油圧指令値QAT、より具体的には前記ECU32が出力するリニアソレノイドへの通電指令値IAC Tを入力し、前記入力値に応じて算出される出力が、クラッチ20の挙動を測定して得た所定時間（伝達関数） $\alpha 1$ 経過後に増加を開始しつつ前記推定実効圧力（推定クラッチ圧）に一致するように前記第2のモデルのゲイン（伝達関数） $\alpha 2$ を設定すると共に、前記測定して得た所定時間 $\alpha 1$ およびゲイン $\alpha 2$ を所定のパラメータから検索自在に記憶する油圧伝達関数モデリング手段としても機能する。

【0038】さらに、開発支援装置10は第3のマイクロコンピュータ40を備え、第3のマイクロコンピュータ40は、前記第1のモデルに前記第2のモデルを組み込んでなる第3のモデル（後述）に基づき、前記格納された変速制御アルゴリズムを実時間でシミュレートして検証・評価すると共に、耐久劣化シミュレーションを実行する第2のシミュレータ40aを格納する。

【0039】第2のシミュレータ40aもコンピュータ・エイデッド・デザイン（CAD）プログラムあるいはパッケージからなると共に、前記したHILSとして構成される。第2のシミュレータ40aを格納する第3のマイクロコンピュータ40は、ECU32と比較すると、整数演算で約100倍以上の高速計算処理能力を有する。

【0040】第2のシミュレータ40aを格納する第3のマイクロコンピュータ40は、入出力インターフェース42を介してECU32に接続される。ECU32に格納された変速制御アルゴリズムは、入出力インターフェース42を介して第2のシミュレータ40aを格納する第3のマイクロコンピュータ40に入力され、そのメモリ（図示せず）に格納される。

【0041】入出力インターフェース42はリニアソレノイド疑似信号およびシフトソレノイド疑似信号を生成し、第2のシミュレータ40aに出力する。これらの疑似信号は、後述するシミュレーションにおいてクラッチ20などの油圧アクチュエータを動作させるための信号である。

【0042】第2のシミュレータ40aはこれらの疑似信号（およびスロットル開度THHFおよび車速Vなどの疑似信号）に基づき、格納された変速制御アルゴリズムに従って第3のモデルを用いて所定の計算処理周期ごとにそれらモデルの出力（例えばドライブシャフトトルクTDS、エンジン回転数 $\omega E$ 、クラッチ油圧PCLなど）を計算し、格納された変速制御アルゴリズムを検証あるいは評価すると共に、その出力（および検証あるいは評価の結果）を第3のマイクロコンピュータ40のディスプレイ（図示せず）を通じて表示する。

【0043】尚、図1で、符合44は、上記したモデルの作成、第2のシミュレータ40aへのダウンロードお

10

20

30

40

50

よびシミュレーション情報などの設定などを行うホストコンピュータを示す。

【0044】以下、図6フロー・チャートを参照して上記した構成および動作をさらに説明する。

【0045】最初に、シミュレート時間を短縮して実際の変速に近い時間でのシミュレートを可能とする開発支援装置の構成および動作を説明する。

【0046】まず、S10において実機テスト準備を行う。これは具体的には、ホストコンピュータ44を用いてテスト用制御モデル、より具体的にはトランスミッションTのクラッチ20などの油圧アクチュエータの油圧回路の挙動を示す油圧回路設計モデルを作成することで行う。

【0047】図7は、その油圧回路設計モデルの構成を部分的に示すブロック図である。トランスミッションTは前記したように平行軸方式の前進5速後進1段の構造を備え、従って速度段ごとにクラッチを備えるが、同図は、そのうちの1個のクラッチ（例えば3速用クラッチ）20についてのモデルである。

【0048】概説すると、オイルポンプ46でリザーバ（図示せず）から汲み上げられた作動油（オイル。ATF）は、レギュレータバルブ50で所定の高圧に調圧され、アキュムレータ52およびオリフィス54を介して前記したクラッチ20に供給される。レギュレータバルブ50とクラッチ20を接続する油路56にはシフトバルブ60と、前記したリニアソレノイド（符合62で示す）が介挿され、クラッチ20への供給油圧を調整する。

【0049】図6の説明に戻ると、次いでS12に進み、実機テストを行う。これは具体的には、図4および図5を参照しつつ説明した制御仕様を用い、図1に関して既述したECU32、制御系設計ツール34aおよび第1のシミュレータ36aからなるシステムにおいて、ECU32が入力した供給油圧指令値QAT（より具体的にはQATONおよびQATOFF）に基づいて出力した、クラッチ20を駆動するリニアソレノイド62への通電指令値I ACTに基づいて変速時の油圧波形を実機テスト結果として得ることを意味する。即ち、車両12の事象を把握する。図8にその実機テスト結果を示す。

【0050】図6フロー・チャートにおいては次いでS14に進み、その実機テスト結果を解析する。これは具体的には、第1のシミュレータ36aにおいて、前記した変速過渡シミュレーションモデル（第1のモデル）を用い、供給油圧指令値QAT（あるいはI ACT）に応じてトランスミッションTのクラッチ20に生じるであろう前記した推定クラッチ実効圧を算出する作業を意味する。

【0051】図9は、その変速過渡シミュレーションモデルの詳細を示すブロック図である。

【0052】図2に簡略化して示した平行軸式のトランスミッションTの運動方程式を前提とし、エンジンEから車両（車体系）12までの系全体をモデル化すると、図9に示すようになる。図9において、「Engine」はエンジンEの挙動を記述するモデル、「Torque converter」はトルクコンバータ24の挙動を記述するモデル、「Transmission」はトランスミッションTの挙動を記述するモデル、「Vehicle」は車両12の挙動を記述する車体系モデル、および「Hydraulic circuit」は図7に部分的に示した油圧回路設計モデルである。

【0053】図9においてエンジンモデルの出力トルクTEは、トルクコンバータモデルで変換されてトランスミッションモデルに入力される。トランスミッションモデルの出力ドライブシャフトトルクTDSは、車体系モデルに入力される。車体系モデルは、ドライブシャフト回転数 $\omega V$ （車速V相当値）を出力する。

【0054】トランスミッションモデルは、ドライブシャフト回転数 $\omega V$ を入力してメインシャフト回転数 $\omega M$ Sを出力する。出力値はトルクコンバータモデルで変換され、エンジン回転数 $\omega E$ （NE相当値）をエンジンモデルに出力する。また、エンジントルクTEは、トルクコンバータモデルを介してメインシャフトトルクTMSに変換される。

【0055】先に述べたように、変速過渡状態は図2に示す式4と5によって表現されるが、その変速過渡状態において運転者が感じる変速ショックとは、図2末尾の式7に示される車両前後方向加速度の変化である。変速過渡状態では車速変化が小さいため、走行抵抗は一定とみなせることから、変速ショックはドライブシャフトトルクTDSに比例する。

【0056】尚、かかる変速過渡シミュレーションモデルの詳細およびそれをを用いたシミュレーションについては、本出願人が先に提案した出願（特願2000-070580号）に詳細に記載されているので、説明はこの程度に止める。

【0057】図6フロー・チャートのS14においては、図2に示す式8から15に基づき、車両12のドライブシャフトトルクTDS、油圧および回転数からクラッチ実効圧PCLを逆算して推定する。

【0058】具体的には、図10（図4の一部に相当）に示すように、供給油圧指令値QATを入力し、式8などに基づき、図11に示す如く、それによってクラッチ20（例えば3速用）に生じるであろうと推定される推定クラッチ実効圧（図11。推定実効圧力。推定値も含めて以下「PCL」、より具体的には例えば3速用であれば「PCL3」という）と推定ドライブシャフトトルクTDS（図11）のテスト結果を得る。

【0059】より具体的には、図10に示すように、棚圧指令値長さConstを固定しつつ棚圧指令値を変え

た供給油圧指令値QATを複数個入力し、それによって、図11に示すような実車運転中に得られるであろう推定クラッチ実効圧とドライブシャフトトルクTDSを得る。

【0060】図6フロー・チャートの説明に戻ると、次いでS16に進み、油圧伝達関数モデリングを行う。具体的には、簡易油圧モデルを作成すると共に、モデル入力値（供給油圧指令値QATに対応する通電指令値IAC T）がモデル出力値（推定クラッチ実効圧）PCLに一致するように、その簡易油圧モデルの伝達関数（所定時間（無効ストローク詰め作業に相当する準備時間） $\alpha$ 1およびゲイン（油圧応答性ゲイン） $\alpha$ 2）を決定する。

【0061】より具体的には、入力値に応じて算出される出力が、クラッチ20の挙動を測定して得た所定時間 $\alpha$ 1経過後に増加を開始しつつ、推定クラッチ実効圧PCLに一致するように簡易油圧モデルのゲイン $\alpha$ 2を設定すると共に、測定して得た所定時間 $\alpha$ 1およびゲイン $\alpha$ 2を所定のパラメータから検索自在に記憶する。

【0062】それについて説明すると、先にも述べたように、クラッチ20のクリアランスには作動油と空気が混在してデッドボリュウムになっていることから、変速開始直後の無効ストローク詰めにおける供給油圧指令値に対する油圧応答性が悪く、油圧応答特性のデータ設定に多大な時間を要すると共に、シミュレーション時間の短縮化の障害となっていた。即ち、精度良くシミュレーションを行うには高精度モデルを用いて第2のシミュレータ40aで演算する必要があるが、第2のシミュレータ40aの演算能力には限界がある。

【0063】そこで、この実施の形態においては、クラッチ20のデッドボリュウム内の作動油量を実際に測定するようにした。図12に測定結果を示す。同図はクラッチ回転数NCLが2000rpmのときの測定結果である。さらに、その測定結果に基づき、図13に示すような、クラッチの挙動を記述する簡易油圧モデルを作成して用いるようにした。

【0064】即ち、簡易油圧モデルのバックアップデータとして図12の結果を利用した。図12において、オイル（作動油）充填半径32.5mm付近（ON（オン。係合側）の油圧0.13Mpa付近）が、オイルが満たされる状態を示す。この油圧がON（立ち上がり）を開始してから満たされるまでの時間 $t_1$ に基づいて伝達関数を決定するようにした。尚、OFF（オフ）側では、 $t_2$ が油圧が立ち下がり始めてから空になるまでの時間を示す。

【0065】図14は、簡易油圧モデルの伝達関数決定処理を示すサブルーチン・フロー・チャートである。

【0066】以下説明すると、S100において検出されたスロットル開度THHF、変速段（ギヤ）、油温TATF（あるいは変速インターバル）、供給油圧指令値

QAT、およびクラッチ回転数NCLを読み込む。変速インターバルは、前回と今回の変速信号の時間間隔から算出される。尚、供給油圧指令値QATに代え、通電指令値IAC Tを用いても良い。

【0067】次いでS102に進み、これらのパラメータからMAP（マップ）を検索して所定時間 $\alpha$ 1を算出する。

【0068】図15（a）はそのマップの特性を示す説明図であり、図示の如く、所定時間 $\alpha$ 1は、クラッチ回転数NCL（1000rpmごと）に応じて油温TATFと供給油圧指令値QATに対して設定される。

【0069】尚、同図（b）に示す如く、所定時間 $\alpha$ 1は、油温TATFに代えて変速インターバルなどに対して設定しても良い。尚、所定時間 $\alpha$ 1は前記したように、無効ストローク詰め相当時間であり、クラッチ20のデッドボリュウム内の作動油量を計測して得られた時間である。

【0070】次いでS104に進み、通電指令値IAC Tが所定値IREFを超えるか否か判断する。所定値IREFは、クラッチ20のリターンスプリングのセット荷重相当値（1kgf/cm<sup>2</sup>）に設定される。

【0071】次いでS106に進み、TIMER（タイマ。アップカウンタ）をスタートさせて時間計測を開始し、S108に進み、TIMERの値が所定時間 $\alpha$ 1を超えたか否か判断し、肯定されるまで待機すると共に、肯定されるときはS110に進み、通電指令値IAC Tの入力を開始する。

【0072】次いで、S112に進み、前記したパラメータからMAP（マップ）を検索しゲイン $\alpha$ 2を算出する。図16（a）はそのマップの特性を示す説明図であり、図示の如く、ゲイン $\alpha$ 2も、クラッチ回転数NCL（1000rpmごと）に応じて油温TATFと供給油圧指令値QATに対して設定される。尚、同図（b）に示す如く、ゲイン $\alpha$ 2も、油温TATFに代えて変速インターバルなどに対して設定しても良い。

【0073】次いでS114に進み、図示の式からゲイン（油圧応答性ゲイン） $\alpha$ 2を用いて出力 $y$ を算出する。

【0074】図13を参照して図14フロー・チャートの処理を説明する。

【0075】入力値 $x$ （通電指令値IAC T）はブロックZ1に送られ、そこで所定値IREFと比較される。図17はブロックZ1の構成を示す説明図であり、入力値 $x$ が所定値を超えると、1を出力する。出力はブロックZ2に送られて積分される。ブロックZ2は1secで1を出力する時間積分器（前記したタイマTIMER）である。

【0076】ブロックZ2の出力はブロックZ3に送られ、所定時間 $\alpha$ 1と比較される。図18はブロックZ3の構成を示す説明図であり、Z2（タイマ値）が $\alpha$ 1を



超えるまでは0を出力すると共に、 $\alpha 1$ を超えると、1を出力する。Z3の出力は乗算段Z4に送られ、入力値xに乗算される。

【0077】これにより、図19に示す如く、所定時間 $\alpha 1$ が経過するまでは乗算段Z4の出力は零であると共に、所定時間 $\alpha 1$ が経過すると、乗算段Z4は入力値xをそのまま出力する。

【0078】乗算段Z4の出力は、ゲイン調整部Z5に送られ、図示の式(S114に示す式)に基づき、ゲイン $\alpha 2$ を用いて出力(油圧出力値)yが決定される。図示の式から明らかな如く、出力yは、入力xとの偏差が減少するように決定される。換言すれば、出力yが推定クラッチ実効圧PCLに一致するように、簡易油圧モデルのゲイン $\alpha 2$ が決定される。

【0079】図20にその出力結果を示す。図示の例は、1速から2速へのアップシフトで、スロットル開度THHFが2/8開度の場合の例である。図で「簡易油圧モデル計算結果」と示すのは、簡易モデルを用いて得た出力yである。また、「推定クラッチ実効圧」と示すのは、同じ入力値I ACTを用いて実機計測した油圧やドライブシャフトトルクTDSから推定計算したクラッチ圧である。同図から、出力(油圧出力値)yが推定クラッチ実効圧PCLにほぼ一致しているのが見てとれよう。

【0080】図6フロー・チャートの説明に戻ると、次いでS18に進み、簡易油圧モデルを組み込んだリアルタイム変速過渡シミュレーションモデル(前記した第3のモデル)を作成する。即ち、図9に示した変速過渡シミュレーションモデルに簡易油圧モデル(図13)を組み込んで作成する。

【0081】図21は、そのリアルタイム変速過渡シミュレーションモデルの構成を示すブロック図である。同図で(Simple Hydraulic model)と示すのが、簡易油圧モデルである。尚、残余の構成は、図9に示すものと異ならない。

【0082】次いでS20に進み、図1に示す第2のシミュレータ40aおよび入出力インターフェース42からなる構成(HILS)を用い、作成したリアルタイム変速過渡シミュレーションモデルに従ってリアルタイムシミュレーションを実行し、ECU32に格納された変速制御アルゴリズムに基づいて実機(車両12)を変速制御するとき、変速ショックが生じる否か検証・評価する。

【0083】尚、そのリアルタイムシミュレーションの詳細は、前記したように、本出願人が先に提案した出願に記載されているため、説明を省略する。その先に提案した出願では、トランスミッションモデルをクラッチ部と残余の部分に分けると共に、クラッチ部の計算周期(刻み時間)を、 $20\mu\text{sec}$ ごとに疑似的に実行するユーザーコードブロックとし、トランスミッションモデ

ルの残余の部分を含む、エンジンモデルなどのそれを $200\mu\text{sec}$ とすることで、結果として刻み時間 $20\mu\text{sec}$ によるリアルタイムシミュレーションを可能とした。

【0084】具体的には、簡易油圧モデルを用いたことから、S20に示すシミュレーションにおいて、1回の変速(約 $1.5\text{sec}$ )をシミュレートするのに、 $4\text{sec}$ 程度しか要しなかった。同一性能のCPUを用いて従来技術で提案されるモデルに従ってシミュレートすると、 $120\text{sec}$ 程度かかっていたが、それに比較すると、 $1/30$ であり、格段にシミュレーション時間を短縮することが可能となった。

【0085】即ち、実際の変速状態(変速過渡状態。 $1.5\text{sec}$ )にほぼ近い時間でシミュレーションを実行することが可能となった。その意味で、S18およびS20では「リアルタイム」なる表現を用いた。

【0086】図22は、そのリアルタイム変速過渡シミュレーションで得た結果を示すデータ図である。

【0087】同図で「SIM」はシミュレーション結果を、「実測値」はリアルタイムシミュレーションモデルで用いたのと同じECU32を実車で使用して観測した結果を示す。両者の対比から明らかな如く、実施の形態に係るリアルタイムシミュレーションは、実車で得るとほぼ同様の結果を得ることができた。

【0088】次いで、かく作成したリアルタイム変速過渡シミュレーションモデルを用いて行う耐久劣化(耐久信頼性)シミュレーションによる変速制御シミュレーションモデルのコリレーション手法について説明する。

【0089】図23はそれを概略的に示す説明図、図24はそれを動作的に示す説明図であるが、概説すると、先ず、車両12のECU32に格納された変速制御アルゴリズムによる実車挙動を第2のシミュレータ40aを使用してオフラインでシミュレーションし、トランスミッションTとエンジンE(テストピース)に固有の特性を解析する。

【0090】次いで、トランスミッションTが耐久劣化するときに解析された特性に影響を与えるパラメータ(耐久劣化因子)を抽出すると共に、抽出したパラメータを変化させつつ、作成したリアルタイム変速過渡シミュレーションモデルに基づいて耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象を予測する。予測結果は、第3のマイクロコンピュータ40のディスプレイに出力として表示される。

【0091】次いで、予測された変速不具合事象が解消されるまで、ECU32のROMデータ(変速制御アルゴリズムを構成する)を修正しつつ耐久劣化シミュレーションを繰り返す。さらに、その後に実際の耐久劣化テスト(実機エンジンを用いたベンチテスト)を実行し、トランスミッションTおよび変速制御アルゴリズムの商品性を検証する。

【0092】図6を参照して以下詳細に説明すると、S22に進み、先ずECU32を用いて実機テストを行う。

【0093】即ち、第2のシミュレータ40aに入出力インターフェース42を介して車両12に搭載されたECU（制御装置）32を接続し、前記した変速制御アルゴリズムを入力して解析し、解析結果に基づき、前記変速制御アルゴリズムに従って変速したときのトランスミッションT（テストピース）に固有の特性を解析し、テストピースの（量産バラツキによる）固有値を推定（把握）する。

【0094】解析されるべき特性は、図23に示す如く、エンジン補正トルク、エンジン回転数 $\omega_E$ 、クラッチ制御油圧特性（クラッチ摩擦係数 $\mu$ ）、ECU動作状況などであり、解析してそれらの初期の特性、即ち、テストピースの固有値（固有特性）を推定（把握）する。

【0095】図25に解析結果を示す。同図（a）は、テストピース（トランスミッションT）を、変速の種別（12up（1速から2速へのアップシフト）など）およびスロットル開度THHFごとに解析して得た結果の一例を示す。

【0096】同図（b）は、同図（a）に示す解析結果から推定（把握）されたクラッチ20に固有の摩擦特性（摩擦係数 $\mu$ ）を示す。また、同図（c）は、同様に、同図（a）に示す解析結果から推定（把握）された固有のエンジン（補正）トルク特性を示す。

【0097】図示のように、量産バラツキによる中央値（標準値）からのずれをテストピースの固有値（固有特性）として推定（把握）しておく。

【0098】図6フロー・チャートの説明に戻ると、次いでS24に進み、パラメータを抽出する。

【0099】即ち、トランスミッションTが耐久劣化するときに計測された特性、より詳しくは計測された特性から決定される変速事象に影響を与える、あるいは影響する度合いが高いと推定されるパラメータ（耐久劣化因子）を抽出する。図23に示す如く、抽出されるパラメータは、油温TATF、クラッチ20のクリアランスCLおよびクラッチ20の摩擦係数 $\mu$ とする。

【0100】次いでS26に進み、リアルタイム変速過渡シミュレーションのモデリングおよび第2のシミュレータ40aを含む（図1に示す）システムの準備を行う。

【0101】次いで、S28に進み、前記したパラメータを変化させつつ耐久劣化シミュレーションを実行し、車両12、エンジン（内燃機関）EおよびトランスミッションTの挙動を記述するモデル（図21に示すリアルタイム変速過渡シミュレーションモデル）モデルの挙動の変化を求め、即ち、リアルタイムシミュレーションのモデリング（シミュレーションモデルのコリレーション）を行い、よって生じる変速不具合事象をモデルの挙

動変化から予測する。

【0102】具体的には、油温TATFを $-30^{\circ}\text{C}$ から $+140^{\circ}\text{C}$ まで変化させると共に、クラッチクリアランスCLを中央値（標準値。新品相当値）から拡大方向（換言すれば劣化方向）に所定量ずつ変化させ、クラッチ摩擦係数 $\mu$ も中央値（標準値。新品相当値）から減少方向（劣化方向）に所定量ずつ変化させ、それによって前記モデル（図21に示すモデル）に生じるであろう挙動の変化を算出する。

【0103】即ち、先ず、油温TATFを $-30^{\circ}\text{C}$ とすると共に、クラッチクリアランスCLおよびクラッチ摩擦係数 $\mu$ を中央値としたときのモデル挙動変化を算出する。次いで $-29^{\circ}\text{C}$ とすると共に、クラッチクリアランスCLおよびクラッチ摩擦係数 $\mu$ を中央値としたときのモデル挙動変化を算出し、以下同様に他のパラメータを中央値に固定しつつ、油温TATFを $1^{\circ}\text{C}$ ずつ変化させたときのモデル挙動変化を算出する。

【0104】同様に、クラッチクリアランスCLも拡大方向に所定量変化させると共に、油温TATFを $-30^{\circ}\text{C}$ とし、クラッチ摩擦係数 $\mu$ を中央値としたときのモデル挙動変化を算出し、次いでクラッチクリアランスCLをさらに拡大方向に所定量変化させると共に、油温TATFを $-30^{\circ}\text{C}$ とし、クラッチ摩擦係数 $\mu$ を中央値としたときのモデル挙動変化を算出し、以下同様に他のパラメータを固定しつつ、クラッチクリアランスCLを所定量ずつ拡大方向に変化させたときのモデル挙動変化を算出する。

【0105】同様に、クラッチ摩擦係数 $\mu$ も減少方向に所定量変化させると共に、油温TATFを $-30^{\circ}\text{C}$ とし、クラッチクリアランスCLを中央値としたときのモデル挙動変化を算出し、次いでクラッチ摩擦係数 $\mu$ をさらに減少方向に所定量変化させると共に、油温TATFを $-30^{\circ}\text{C}$ とし、クラッチクリアランスCLを中央値としたときのモデル挙動変化を算出し、以下同様に他のパラメータを固定しつつ、クラッチ摩擦係数 $\mu$ を所定量ずつ減少方向に変化させたときのモデル挙動変化を算出する。

【0106】次いで、パラメータを変化させつつ実行したシミュレーションが全て終了した後、オフラインでホストコンピュータ44を用いて結果を処理し、ECU32のデータをパラメータ単位で評価し、評価結果に基づき、よって生じる変速不具合事象を予測する。

【0107】尚、パラメータを変化させたことによるモデル挙動変化の演算量は膨大になることから、算出したパラメータ変化によるモデル挙動変化はデータベースとして蓄積しておく。それによって、別のトランスミッションに対して耐久劣化シミュレーションを実行する際の演算量を低減することができ、シミュレーション時間を短縮することができる。

【0108】図26はその耐久劣化シミュレーションを

10

20

30

40

50

適用した例を示す説明図であり、パラメータ（耐久劣化因子）としてクラッチクリアランスCLが増加するように設定した例を示す。

【0109】耐久劣化シミュレーションにおいてECU32のデータ（変速制御アルゴリズム）に変速不具合事象（エンジン回転の吹き上がり発生）が予測されたため、ECU32のデータを改良して再び耐久劣化シミュレーションを実行し、ECU32のデータの信頼性を確認した後、実際の耐久劣化テスト（実機エンジンをを用いたベンチテスト）を実施した例を示す。尚、耐久劣化シミュレーションによる検討（検証）期間は、5.5日であった。

【0110】テスト期間について説明すると、従来は、トランスミッションTを試作するなどして20日程度かけて事前テストを行ってECU32のデータ（変速制御アルゴリズム）の良否を判定してから、数ヶ月かけて上記した実際の耐久劣化テスト（実機エンジンをを用いたベンチテスト）を行っていた。

【0111】それに対し、この実施の形態においては、上記のように耐久劣化シミュレーションを通じて変速不10 具合事象の発生を予測するように構成したので、トランスミッションTの試作や事前テストを省略することができる。即ち、20日程度要していた事前テストに代え、5.5日の耐久劣化シミュレーションを実行することで足りるので、テスト期間や工数を14日程度短縮することができる。よって、開発効率を向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも低減させることができる。

【0112】図27は耐久劣化シミュレーション結果、より具体的には耐久劣化シミュレーションの結果をホス30 トコンピュータ44を用いてオフラインで解析処理した例を示すデータ図であり、38/313サイクル後（仮想走行後）と、251/313サイクル後（仮想走行後）の前記した特性の中のクラッチ摩擦係数 $\mu$ （クラッチ制御油圧特性）の変化を示す。同図は1速から2速へのアップシフトにおける2速クラッチ（ON側）であり、平均して0.01の劣化が見られた（予測された）ことを示す。

【0113】図28は耐久劣化シミュレーション結果、より具体的にはスロットル開度THHF別に劣化前にお40 けるクラッチ摩擦係数 $\mu$ の変動量をホストコンピュータ44を用いてオフラインで解析した結果を示すデータ図であり、2/8スロットル開度において、同様に1速から2速へのアップシフトにおいて2速クラッチの摩擦係数 $\mu$ に0.02のばらつき幅が見られた（予測された）ことを示す。

【0114】図29は図27に示す事例において耐久劣化シミュレーションを実行した結果を示すデータ図であり、パラメータ（耐久劣化因子）の一つであるクラッチ50 クリアランスCLを増加（劣化）させた場合の耐久劣化

シミュレーション結果を示すデータ図である。図示の如く、エンジン回転数 $\omega E$ の吹き上がり（150rpm）が見られた（予測された）ことを示す。

【0115】図6フロー・チャートの説明に戻ると、次いでS30に進み、予測された変速不具合事象が解消されるまで、推定された特性の固有値に基づいて変速制御アルゴリズムを修正、即ち、ECU32のROMデータを変更しながら耐久劣化シミュレーションを繰り返す。

【0116】図30は、変速不具合事象が予測されたときの対策処理の一例を示すサブルーチン・フロー・チャートである。

【0117】以下、最初の耐久劣化シミュレーションにおいて、図29に示すようなエンジン回転の吹き上がりの発生が予測された場合、OFF側圧などを調整して変速制御アルゴリズム（ECU32のデータ）を修正（変更）する場合を例にとって説明する。

【0118】以下説明すると、S200においてOFF（オフ）側の側圧（図5に丸付き数字3で示す）が低いか否かを判断する。これは、図31に示すように、シミュレーションを通じて得たOFF（オフ）側クラッチトルクTCoffがトランスミッション入力トルクTt未満か否かを判断することで行う。

【0119】S200で肯定されるときはS202に進み、OFF側の側圧を例えばTtまで増加させ、S204に進み、耐久劣化シミュレーションを再び実行し、S206に進み、エンジン回転の吹き上がりが生じて吹き回転数が50rpm未満か否かを判断する。S206で肯定されるときは不具合事象が解消したことから以降の処理をスキップする。

【0120】他方、S206で否定されるときは再びS200に戻り、そこで否定されてS208に進み、図32に示すように、シミュレーションで得たOFF側の側圧の保持時間（図5に丸付き数字4で示す）T1が所定値T2未満か否かを判断することで行う。

【0121】S208で肯定されるときはS210に進み、OFF側の側圧保持時間T1を例えばT2まで延長し、S204に進み、耐久劣化シミュレーションを再び実行し、S206に進み、エンジン回転の吹き上がりが生じて吹き回転数が50rpm未満か否かを判断する。S206で肯定されるときは不具合事象が解消したことから以降の処理をスキップする。

【0122】他方、S206で否定されるときは再びS200に戻り、そこで否定されてS208に進み、それでも否定されてS212に進み、図33に示すシミュレーションで得たON側の準備圧（図4に丸付き数字3で示す）が低いか否かを判断する。

【0123】これは、図33に示すように、シミュレーションで得たON側クラッチトルクTCOnとOFF側クラッチトルクTCoffの和がトランスミッション入力トルクTtを超えるか判断することで行う。即ち、O

N側とOFF側のクラッチトルクがトランスミッション入力トルクを下回ると、エンジン回転が吹き上がるからである。

【0124】S212で肯定されるときはS214に進み、ON側の準備圧を増加させ、S204に進み、耐久劣化シミュレーションを再び実行し、S206に進み、エンジン回転の吹き上がりが生じて吹き回転数が50rpm未満か否かを判断する。S206で肯定されるときは不具合事象が解消したことから以降の処理をスキップする。

【0125】他方、S206で否定されるときは再びS200に戻り、S200、S208、S212で否定されてS216に進み、図34に示すように、シミュレーションで得たON側の準備圧保持時間（図4に丸付き数字4で示す。前記した所定時間あるいは準備時間に近い値）T3が所定時間T4未満か否かを判断することで行う。

【0126】S216で肯定されるときはS218に進み、ON側の準備圧保持時間T3を例えばT4まで延長し、S204に進み、耐久劣化シミュレーションを再び実行し、S206に進み、エンジン回転の吹き上がりが生じて吹き回転数が50rpm未満か否かを判断する。

【0127】S206で肯定されるときは不具合事象が解消したことから以降の処理をスキップすると共に、否定されるときはS200に戻り、S206で否定されるまで上記した処理を繰り返す。

【0128】このように、個別に調整することで、結果的にECU32に格納された変速制御アルゴリズム、即ち、ECU32のデータを最小限、即ち、必要最小限度の補正量で修正することができる。このように補正することで、図29に示した例の場合、図35に示すようにエンジン回転の吹き上がり（変速の不具合事象）を解消することが可能となる。

【0129】図36は、図35と図29に示す例を重ね書きした図であり、耐久劣化シミュレーションで変速の不具合事象の発生が予測された結果、ECU32に格納された変速制御アルゴリズムを修正（改良）しつつ耐久劣化シミュレーションを繰り返して変速不具合事象を解消した例を示す。

【0130】尚、図24に示す如く、この後、実際の耐久劣化テスト（実機エンジンをを用いたベンチテスト）が実行され、トランスミッションTの商品性が検証される。

【0131】実際にも、発明者達が知見した限り、実際の耐久劣化テストで所期の性能を確認することができ、事前テストを省略することができた。

【0132】この実施の形態は上記の如く、実際のECU32のみを用いてトランスミッションTの耐久劣化テストをシミュレートするように構成したので、トランスミッションTの試作や事前テストを省略することがで

き、20日程度要していた事前テストに代え、5.5日の耐久劣化シミュレーションを実行することで足る。

【0133】従って、テスト期間や工数を14日程度短縮することができ、よって開発効率を向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも低減させることができる。さらに、耐久性に対する信頼性も向上させることができる。

【0134】さらに、実際の耐久劣化テストに使用すると同じECUを使用してシミュレーションを実行することで、開発効率を一層向上させることができると共に、コストも一層低減させることができる。また、実際の変速に近い時間でシミュレーションすることでも、開発効率を一層向上させることができると共に、コストも一層低減させることができる。

【0135】また、パラメータを変化させたことによるモデル挙動変化をデータベースとして蓄積しておくようにしたので、次ぎに別のトランスミッションについて耐久劣化シミュレーションを実行する際の演算量を低減することができ、シミュレーション時間を短縮することができ、開発効率を一層向上させることができると共に、コストも一層低減させることができる。

【0136】さらに、非線形な挙動を示すクラッチの動作を既述する簡易油圧モデル（第2のモデル）を作成すると共に、そのモデルにおいて入力（通電指令値IAC T（供給油圧指令値QAT相当値））が所定値IREFを超えてからの経過時間TIMERが所定時間（伝達関数） $\alpha 1$ を超えたとき、入力相当値（換言すればモデル出力）を出力すると共に、その入力相当値に乘じられるべきゲイン（伝達関数） $\alpha 2$ は、モデル出力が変速過渡シミュレーションモデル（第1のモデル）に基づいて得たモデル入力（推定クラッチ圧）に一致するように決定すれば足るようにしたので、第2のモデルは簡易な構成で足り、よってシミュレーション時間を4sec程度に短縮することができ、1.5sec程度で終了する実際の変速状態にほぼ近い時間で実行することができる。

【0137】さらに、前記伝達関数、即ち、所定時間 $\alpha 1$ およびゲイン $\alpha 2$ を油温TATFなどの所定のパラメータから検索自在に記憶するように構成したので、搭載車種が相違してクラッチが異なるときも、そのクラッチのデッドボリュームの作動油量などを測定して前記所定時間 $\alpha 1$ およびゲイン $\alpha 2$ の検索に使用するパラメータの特性を設定し直すことで、同様の時間でシミュレートすることができ、よって開発支援装置としての汎用性を向上させることができる。

【0138】さらに、所定時間 $\alpha 1$ の間は第2のシミュレータ40aの出力の算出を不要とすることが可能となって第2のシミュレータ40aの負荷を低減することができ、よってリアルタイムシミュレーションを可能とすることができ、実際の変速状態にほぼ近い時間で実行することができる。

10

20

30

40

50

【0139】以上述べたように、この実施の形態においては、車両12に搭載された内燃機関（エンジンE）に接続され、変速制御アルゴリズムに従って少なくともスロットル開度THHF、車速Vおよび油温TATFに基づいて摩擦係合要素（クラッチ20）を含む油圧アクチュエータを介して前記内燃機関の出力を変速して前記車両の駆動輪14に伝達する車両用自動変速機（トランスミッションT）の制御装置（ECU32）の開発支援装置において、前記車両の自動変速機の制御装置（ECU32）に接続されて前記変速制御アルゴリズムを入力し、前記変速制御アルゴリズムに従って変速したときの前記自動変速機の特長（ドライブシャフトトルクTDS、クラッチ作動油圧特性（クラッチ摩擦係数 $\mu$ など）、より具体的にはその固有値（初期値あるいは固有特性）を解析する特性解析手段（第2のシミュレータ40a、S22）、前記自動変速機が耐久劣化するとき前記解析された特性に影響を与えるパラメータ（油温TATF、クラッチクリアランスCLおよびクラッチ摩擦係数 $\mu$ ）を抽出するパラメータ抽出手段（第2のシミュレータ40a、S24）、前記パラメータを変化させつつ前記車両、前記内燃機関および前記自動変速機の挙動を記述するモデル（リアルタイム変速過渡シミュレーションモデル）を使用して耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象を前記モデルの挙動変化に基づいて予測する変速不具合事象予測手段（第2のシミュレータ40a、S26、S28）、および前記予測された変速不具合事象が解消されるまで、前記耐久劣化シミュレーションを繰り返しつつ、前記計測された特性の固有値に基づいて前記変速制御アルゴリズムを修正する変速制御アルゴリズム修正手段（第2のシミュレータ40a、S30、S200からS218）を備える如く構成した。

【0140】また、前記変速不具合事象予測手段は、前記抽出されたパラメータの値を変化させたときの前記モデルの挙動の変化をデータベースとして蓄積するデータベース化手段（第2のシミュレータ40a、ホストコンピュータ44、S28）を備える如く構成した。

【0141】また、前記変速制御アルゴリズム修正手段は、前記変速制御アルゴリズムを最小限の補正量で修正する（第2のシミュレータ40a、S30、S200からS218）如く構成した。

【0142】また、前記パラメータが、前記自動変速機の作動油温TATF、前記摩擦係合要素のクリアランス（クラッチクリアランスCL）、前記摩擦係合要素の摩擦係数（クラッチ摩擦係数 $\mu$ ）の少なくともいずれかである如く構成した。

【0143】また、前記変速不具合事象予測手段が、前記自動変速機（トランスミッションT）の制御装置（ECU32）に接続されて前記変速制御アルゴリズムを入力し、入力した変速制御アルゴリズム、より具体的には

その中の値QATNUMなどに基づいて供給油圧指令値QAT（QATONあるいはQATOFF、あるいはそれに相当するリニアソレノイド62への通電指令値IACCT）を出力する供給油圧指令値出力手段（制御系設計ツール34a、S10からS12）、前記供給油圧指令値QAT（より具体的にはそれに相当するリニアソレノイド62への通電指令値IACCT）を入力し、前記自動変速機を含む系全体の動作を記述する第1のモデル（変速ショックシミュレータモデル）に基づき、前記供給油圧指令値に応じて前記自動変速機の摩擦係合要素（クラッチ20）に生じるであろう推定実効圧力（推定クラッチ圧PCL）を算出する推定実効圧力算出手段（第1のシミュレータ36a、S14）、前記摩擦係合要素（クラッチ）の動作を記述する第2のモデル（簡易油圧モデル）に基づき、前記供給油圧指令値（入力x、即ち、通電指令値IACCT）に応じて算出される出力y（油圧出力値）が、前記推定実効圧力に一致するように前記第2のモデルの伝達関数（所定時間 $\alpha 1$ およびゲイン $\alpha 2$ ）を設定すると共に、前記伝達関数を所定のパラメータ（油温TATFなど）から検索自在に記憶する油圧伝達関数モデリング手段（ホストコンピュータ44、第2のシミュレータ40a、S16）、および前記第1のモデルと前記第2のモデルから前記モデルを作成するモデル作成手段（第2のシミュレータ40a、S18）を含む如く構成した。

【0144】尚、上記においてパラメータを油温TATF、クラッチクリアランスCL、クラッチ摩擦係数 $\mu$ としたが、絶対にそれら3種の全てを使用しなければならないものではない。その意味で特許請求の範囲において作動油温、摩擦係合要素のクリアランス、摩擦係合要素の摩擦係数の少なくともいずれかと記載した。

【0145】また、油温TATF、クラッチクリアランスCL、クラッチ摩擦係数 $\mu$ は例示であり、トランスミッションTが耐久劣化するとき特性、より具体的には特性から決定される変速事象に影響する度合いが高い耐久劣化因子であれば、どのようなものでも良い。

【0146】

【発明の効果】請求項1項にあっては、変速制御アルゴリズムを入力して自動変速機の特長を解析し、自動変速機が耐久劣化するとき前記解析された特性に影響を与えるパラメータを抽出し、パラメータを変化させつつ自動変速機などの挙動を記述するモデルに基づいて耐久劣化シミュレーションを実行し、よって生じる変速不具合事象を予測すると共に、予測された変速不具合事象が解消されるまで、耐久劣化シミュレーションを繰り返しつつ、変速制御アルゴリズムを修正する如く構成したので、自動変速機の試作あるいは実際のテスト（実機エンジンをを用いたベンチテスト）時間や工数を低減することができる。それによって、開発効率を向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも低減する

ことができる。

【0147】請求項2項においては、抽出されたパラメータの値を変化させたときのモデルの挙動の変化を求めてデータベースとして蓄積する、換言すればモデリングを行ってその結果をデータベースとして蓄積する如く構成したので、例えば別の自動変速機について耐久劣化シミュレーションを実行する際などの演算量を低減することができ、それによって耐久劣化シミュレーション時間を短縮することができて開発効率を一層向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも一層低減することができる。

【0148】請求項3項においては、変速制御アルゴリズムを最小限の補正量で修正する如く構成したので、耐久劣化シミュレーションを実行する際の演算量を低減することができ、それによって耐久劣化シミュレーション時間を短縮することができて開発効率を一層向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも一層低減することができる。

【0149】請求項4項においては、前記パラメータが、作動油温、摩擦係合要素のクリアランス、摩擦係合要素の摩擦係数の少なくともいずれかである如く構成したので、換言すれば、耐久劣化するときに特性、より具体的には特性から決定される変速事象に影響する度合いが高い耐久劣化因子を用いるようにしたので、変速不具合事象の発生の有無を正確に予測することができる。

【0150】請求項5項においては、自動変速機を含む系全体の動作を記述する第1のモデルに基づき、供給油圧指令値に応じて前記自動変速機の摩擦係合要素に生じるであろう推定実効圧力を算出し、前記摩擦係合要素の動作を記述する第2のモデルに基づき、前記供給油圧指令値に応じて算出される出力が、前記推定実効圧力に一致するように前記第2のモデルの伝達関数を設定し、前記第1のモデルに前記第2のモデルを組み込んでなるモデルに基づき、前記格納された変速制御アルゴリズムをシミュレートして検証・評価する如く構成した、換言すれば、非線形な挙動を示す摩擦係合要素の動作を記述する第2のモデルを、その伝達関数が第1のモデルに基づいて得た推定実効圧力に一致するように作成すれば足るようにしたので、第2のモデルは簡易な構成で足りることから、シミュレーション時間を短縮することができ、実際の変速状態にほぼ近い時間で実行することができる。よって、開発効率を一層向上させることができると共に、商品性の検証に要するコストも一層低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一つの実施の形態に係る車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置を全体的に示す概略図である。

【図2】図1に示す車両用自動変速機のスケルトン図である。

【図3】図1に示す制御系設計ツールとECUとの双方通信を示す説明図である。

【図4】図1に示す制御系設計ツールが算出して出力するON（係合）側の供給油圧指令値を示すタイム・チャートである。

【図5】図1に示す制御系設計ツールが算出して出力するOFF（解放）側の供給油圧指令値を示すタイム・チャートである。

【図6】図1の開発装置の動作を示すフロー・チャートである。

【図7】図6フロー・チャートの処理で作成されるテスト用制御モデル（油圧回路設計モデル）を部分的に示す説明図である。

【図8】図6フロー・チャートの処理で行われる実機テスト結果を示すデータ図である。

【図9】図6フロー・チャートの処理で作成される変速過渡シミュレーションモデル（第1のモデル）を示すブロック図である。

【図10】図6フロー・チャートの処理の中の実機テスト解析処理における供給油圧指令値の入力条件を示すタイム・チャートである。

【図11】図6フロー・チャートの処理の中の実機テスト解析処理における供給油圧指令値の入力に応じたクラッチに生じであろう推定クラッチ実効圧などのテスト結果を示すデータ図である。

【図12】図6フロー・チャートの処理の中の油圧伝達関数モデリングを説明する、クラッチのデッドボリューム内の作動油量の測定結果を示すデータ図である。

【図13】図6フロー・チャートの処理の中の油圧伝達関数モデリングで作成される簡易油圧モデル（第2のモデル）を示すブロック図である。

【図14】図13に示す簡易油圧モデルの伝達関数決定処理を示すサブルーチン・フロー・チャートである。

【図15】図14フロー・チャートで使用する伝達関数（所定時間 $\alpha 1$ ）のマップ特性を示す説明グラフである。

【図16】図14フロー・チャートで使用する伝達関数（ゲイン $\alpha 2$ ）のマップ特性を示す説明グラフである。

【図17】図13ブロック図の中のブロックZ1の構成を示すブロック図である。

【図18】図13ブロック図の中のブロックZ3の構成を示すブロック図である。

【図19】図13ブロック図の中の乗算段Z4の構成を示すブロック図である。

【図20】図13ブロック図の出力結果を示すデータ図である。

【図21】図6フロー・チャートの処理で作成されるリアルタイム変速過渡シミュレーションモデル（第1のモデル）を示す、図9に類似したブロック図である。

【図22】図6フロー・チャートの処理の中のリアルタ

10

20

30

40

50

イムシミュレーションの結果を示すデータ図である。

【図 2 3】図 6 フロー・チャートの処理で作成される変速過渡シミュレーションモデルを用いて行う耐久劣化シミュレーションによる変速制御アルゴリズムの修正を概略的に示す説明図である。

【図24】同様に、図6フロー・チャートの処理で作成される変速過渡シミュレーションモデルを用いて行う耐久劣化シミュレーションによる変速制御アルゴリズムの修正を動作的に示す説明図である。

【図25】図6フロー・チャートの処理で行われる実機テストの解析結果などを示す説明図である。

【図26】図6フロー・チャートの処理で行われる耐久劣化シミュレーションを適用した例を示す説明図である。

【図27】図6フロー・チャートの処理で行われる耐久劣化シミュレーション結果のデータ図である。

【図28】同様に、図6フロー・チャートの処理で行われる耐久劣化シミュレーション結果のデータ図である。

【図29】同様に、図6フロー・チャートの処理で行われる耐久劣化シミュレーション結果のデータ図で、エンジン回転数の吹き上がりが生じた場合を示す図である。

【図30】図6フロー・チャートの処理で行われる、変速不具合事象が予測されたときの対策処理（変速制御アルゴリズムの修正作業）を示すサブルーチン・フロー・チャートである。

【図31】図30フロー・チャートの処理を説明する説明グラフである。

【図32】同様に、図30フロー・チャートの処理を説明する説明グラフである。

\*【図33】同様に、図30フロー・チャートの処理を説明する説明グラフである。

【図34】同様に、図30フロー・チャートの処理を説明する説明グラフである。

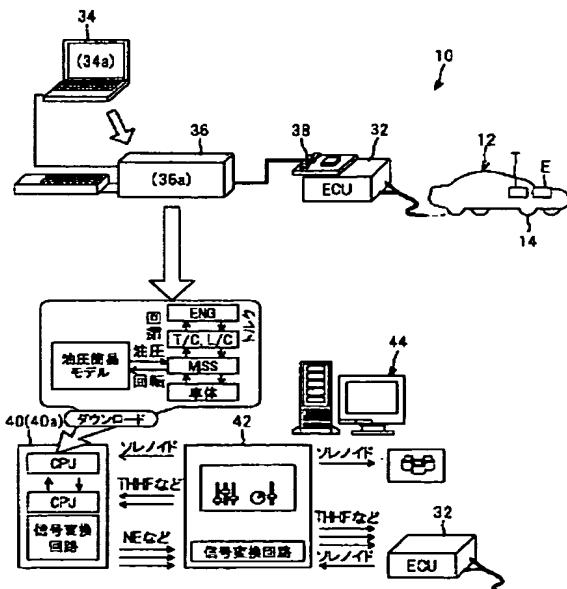
【図35】図6フロー・チャートの処理で行われる変速制御アルゴリズムの修正作業によって図29に示す事例を修正して変速不具合事象を解消した場合を示すデータ図である。

【図3.6】図3.5と図2.9に示す例を重ね書きしたデータ図で、図6フロー・チャートの処理で行われる変速制御アルゴリズムの修正作業によって変速不具合事象を解消した場合を示す図である。

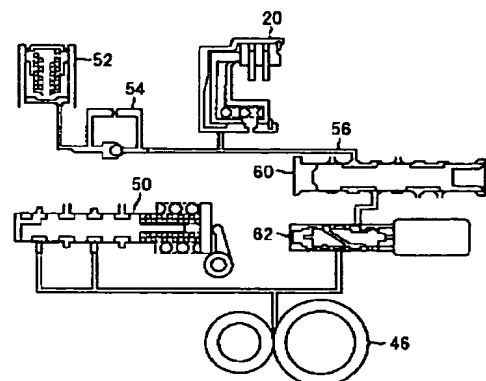
【符号の説明】

- |       |                        |
|-------|------------------------|
| E     | 内燃機関（エンジン）             |
| T     | 自動変速機（トランスミッション）       |
| 1 0   | 車両用自動変速機の制御装置の開発支援装置   |
| 1 2   | 車両                     |
| 1 4   | 入出力インターフェース            |
| 2 0   | クラッチ（摩擦係合要素。油圧アクチュエータ） |
| 3 2   | ECU（電子制御ユニット。制御装置）     |
| 3 4   | マイクロコンピュータ             |
| 3 4 a | 制御系設計ツール               |
| 3 6   | 第2のマイクロコンピュータ          |
| 3 6 a | 第1のシミュレータ              |
| 4 0   | 第3のマイクロコンピュータ          |
| 4 0 a | 第2のシミュレータ              |
| 4 4   | ホストコンピュータ              |
| 6 2   | リニアソレノイド               |

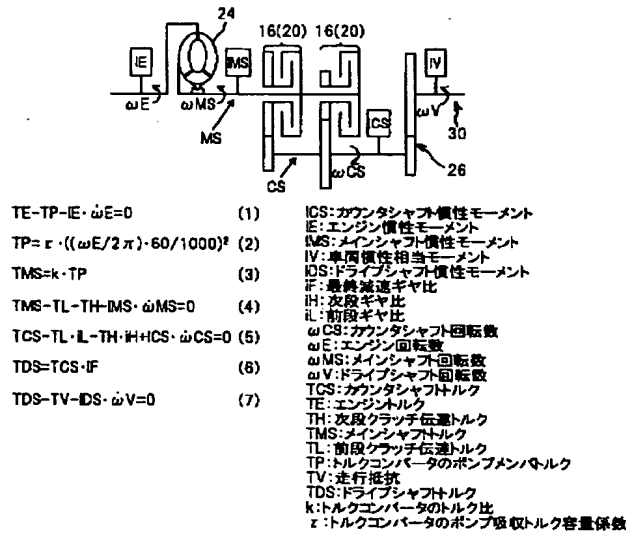
【図 1】



【图7】

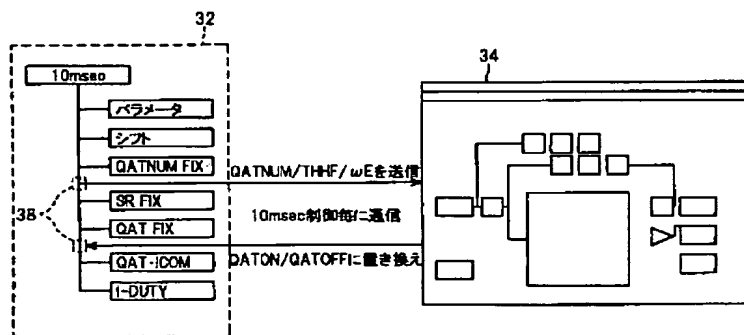


【図2】

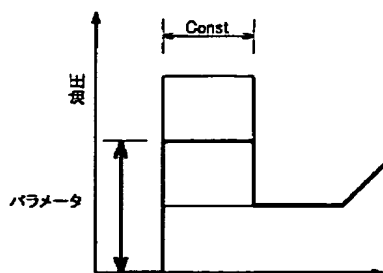


相	メインシャフトMS	カウンタシャフトCS
ローギヤ駆動	$TMS=TL$ (8)	$TCS=TMS \cdot IL$ (9)
トルク相	$TMS=TH+TL$ (10)	$TCS=TMS \cdot IL-TH \cdot (IL-H)$ (11)
イナーシャ相	$TMS=TH-IMS \cdot \omega MS$ (12)	$TCS=TH \cdot IH$ (13)
ハイギヤ駆動	$TMS=TH$ (14)	$TCS=TMS \cdot IH$ (15)

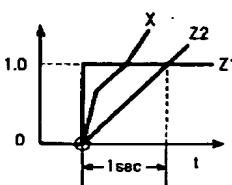
【図3】



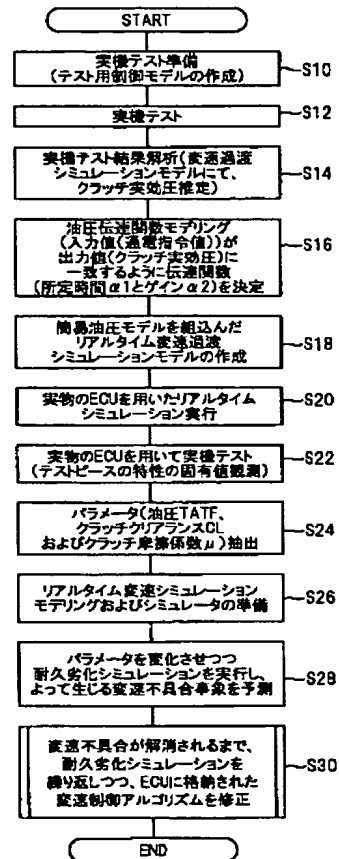
【図10】



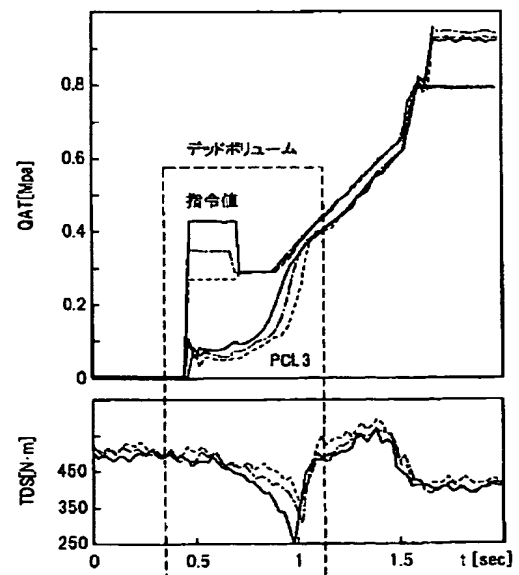
【図17】



【図6】

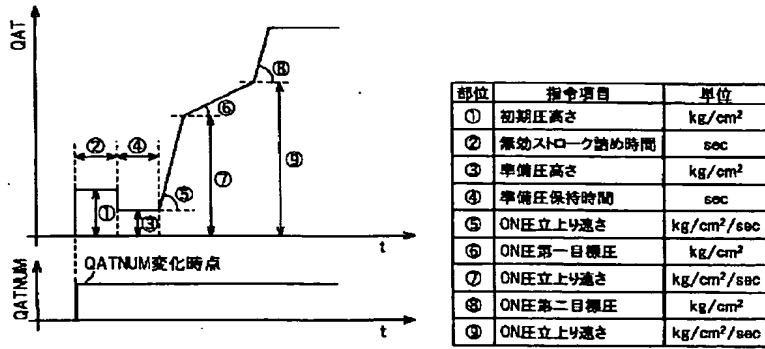


【図11】

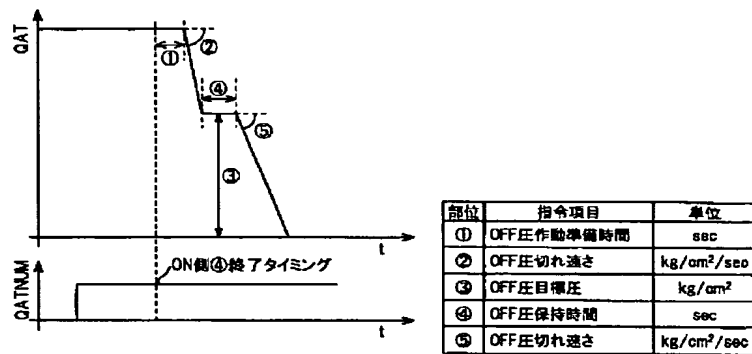




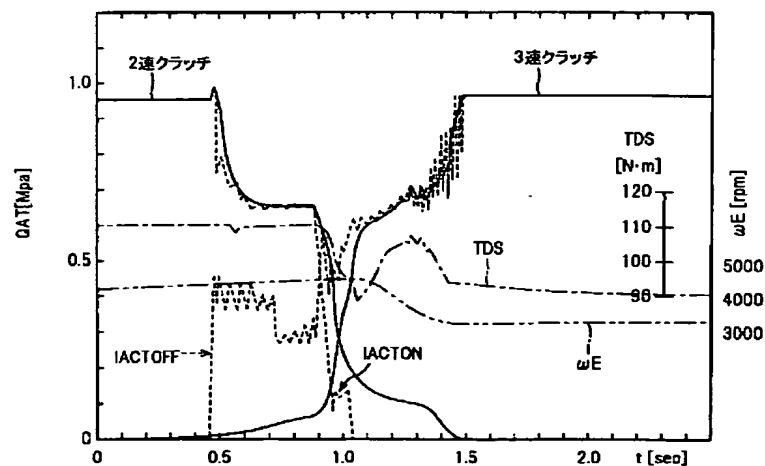
【図4】



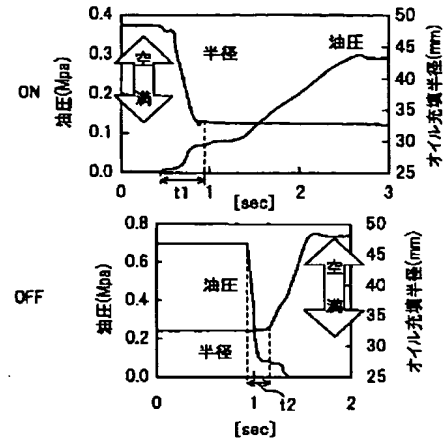
【図5】



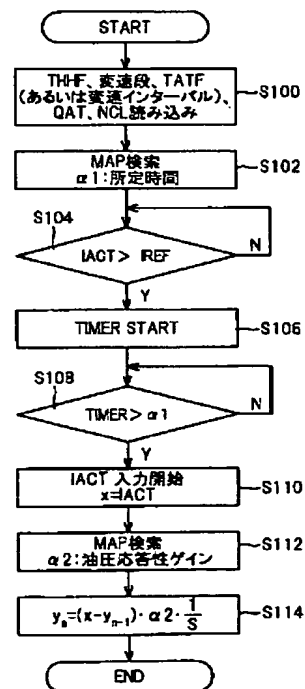
【図8】



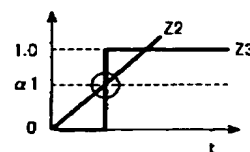
【図12】



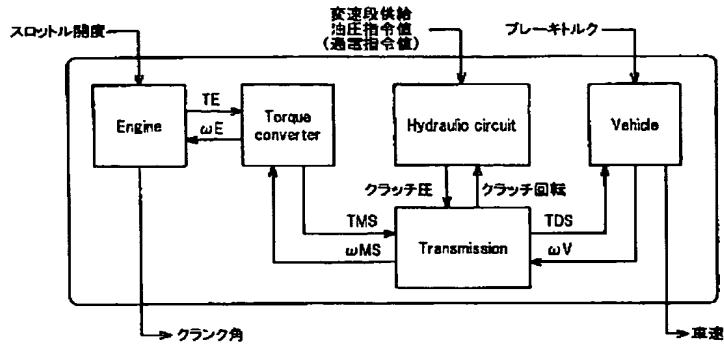
【図14】



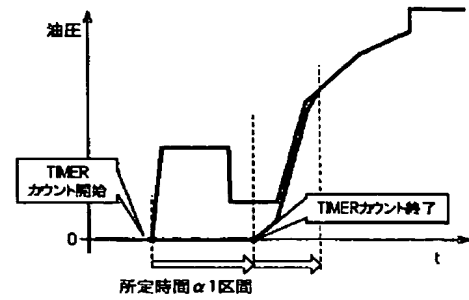
【図18】



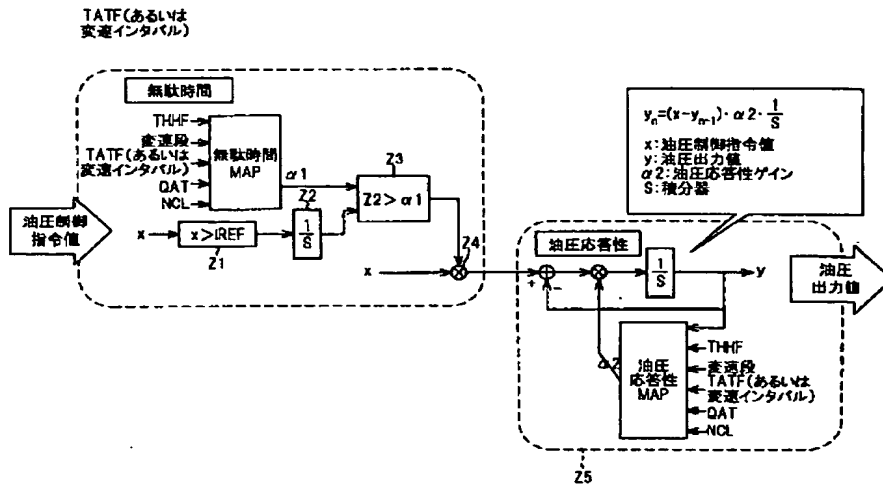
【図9】



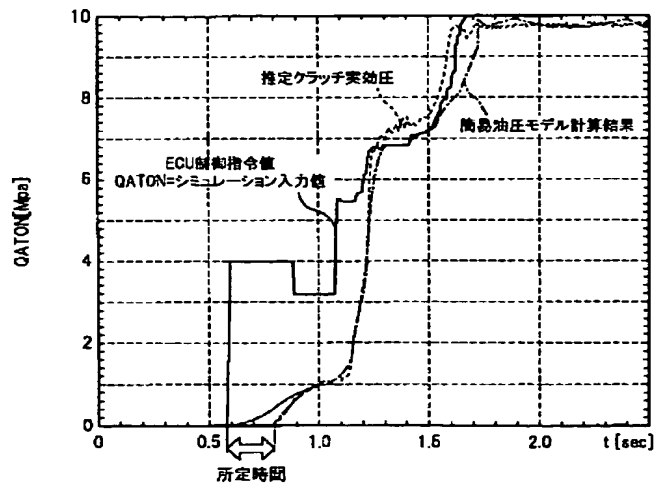
【図19】



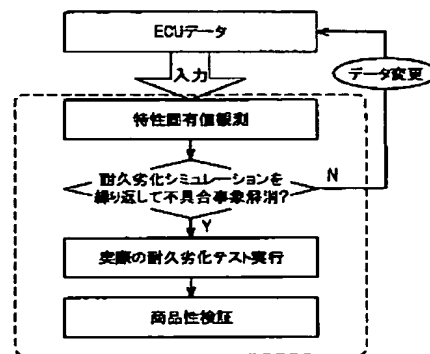
【図13】



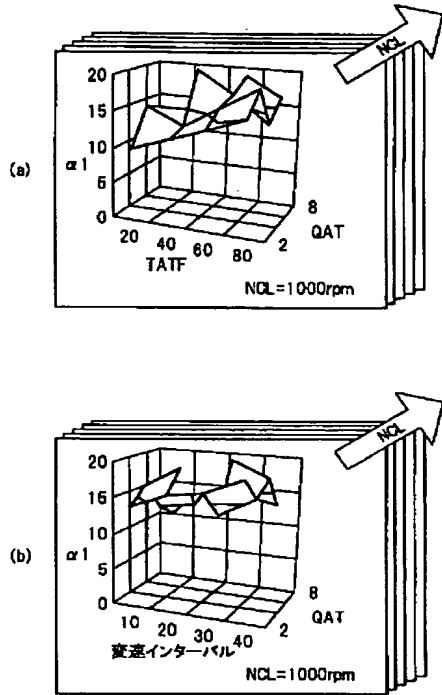
【図20】



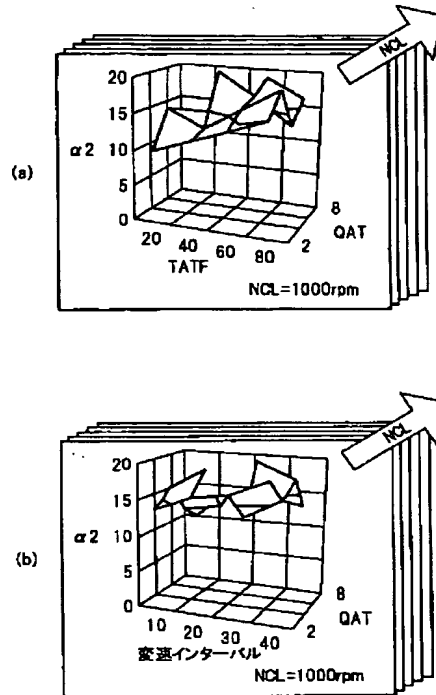
【図24】



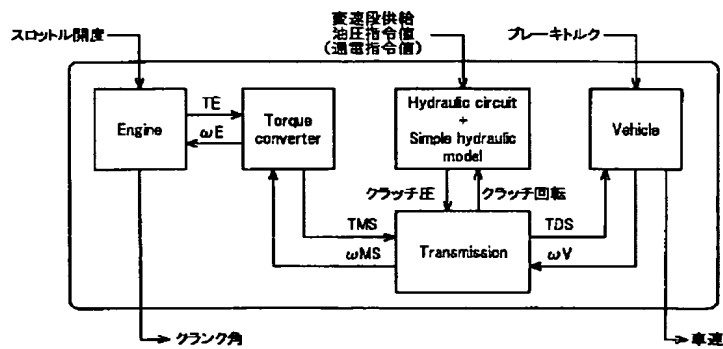
【図15】



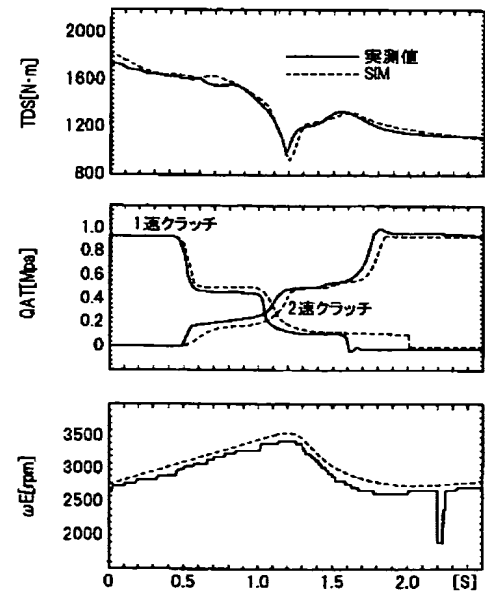
【図16】



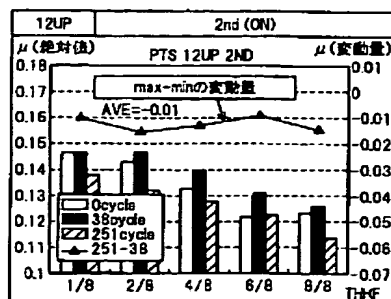
【図21】



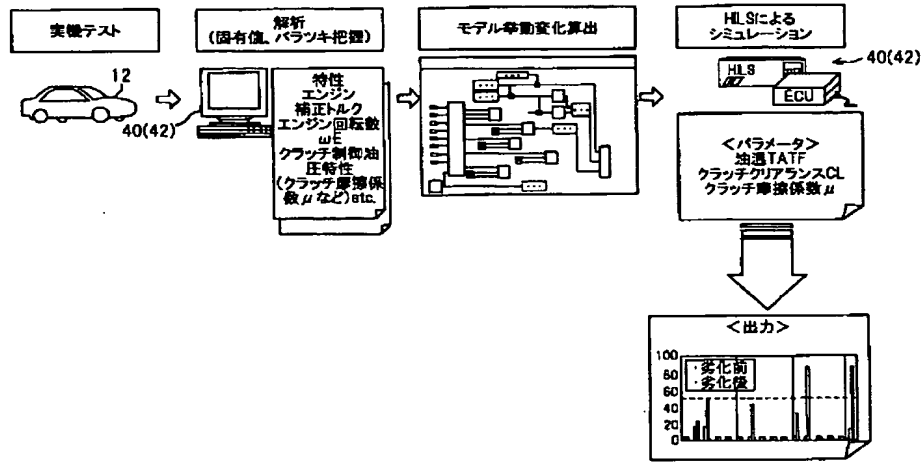
【図22】



【図27】



【図23】

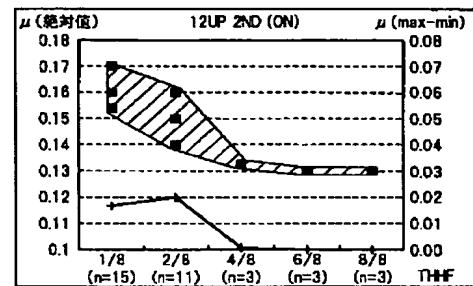


【図25】

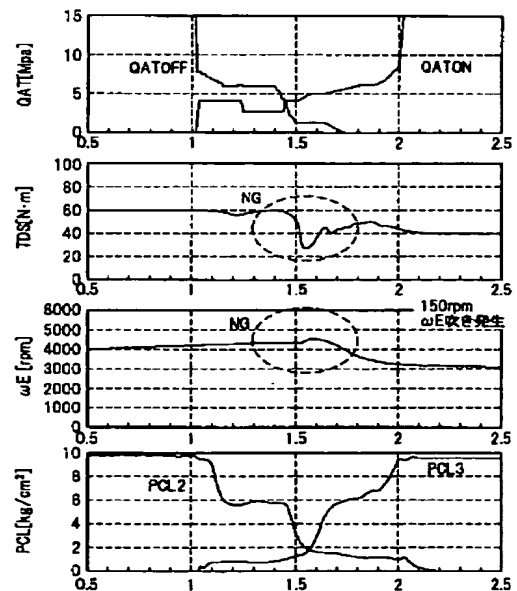
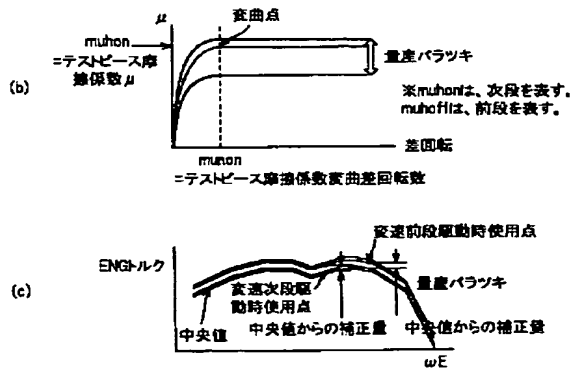
(a)

	34up	1/8	2/8	4/8	6/8	8/8
23up		1/8	2/8	4/8	6/8	8/8
12up		1/8	2/8	4/8	6/8	8/8
muho		0.147	0.145	0.133	0.123	0.125
muho		0.15	0.14	0.14	0.13	0.14
munon(rpm)		300	600	600	600	1300
munoff(rpm)		50	50	50	50	50
変速前TE補正量(kgf·m)		-1	-1	-1	-1	-1
変速後TE補正量(kgf·m)		-1	-1	-1	-1	-1

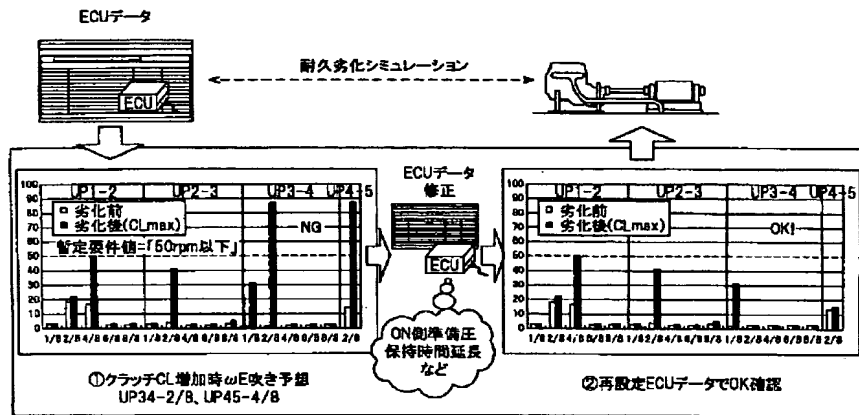
【図28】



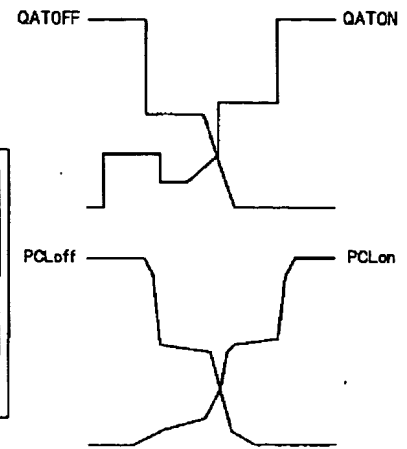
【図29】



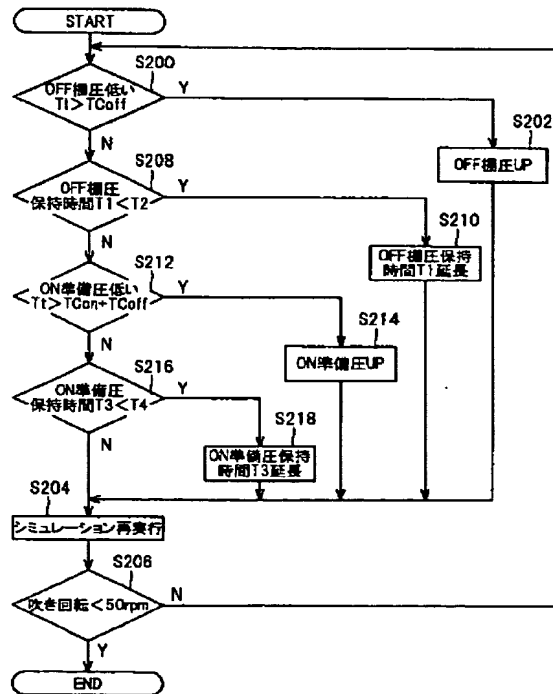
【図26】



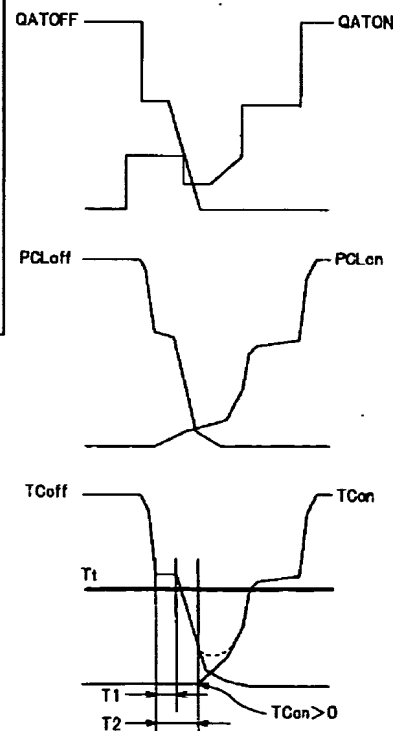
【図31】



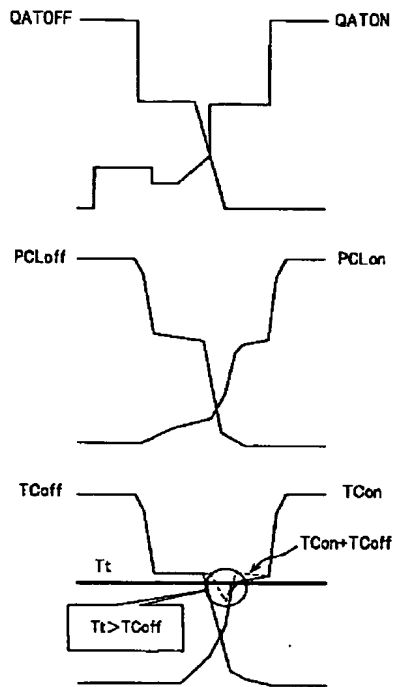
【図30】



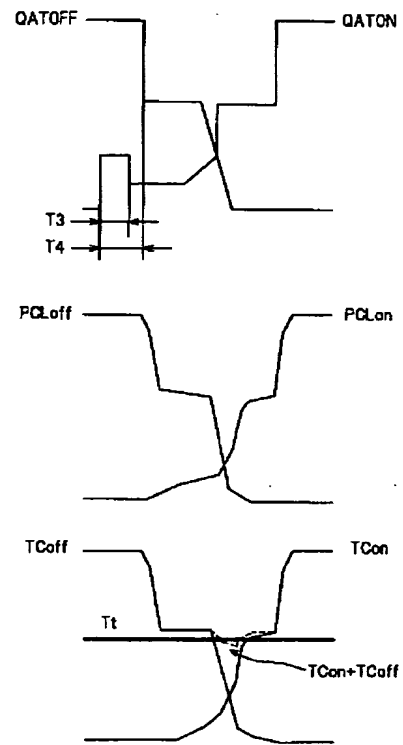
【図32】



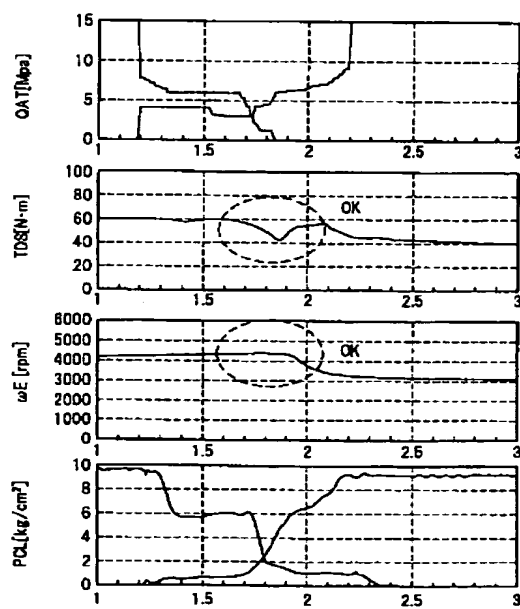
【図33】



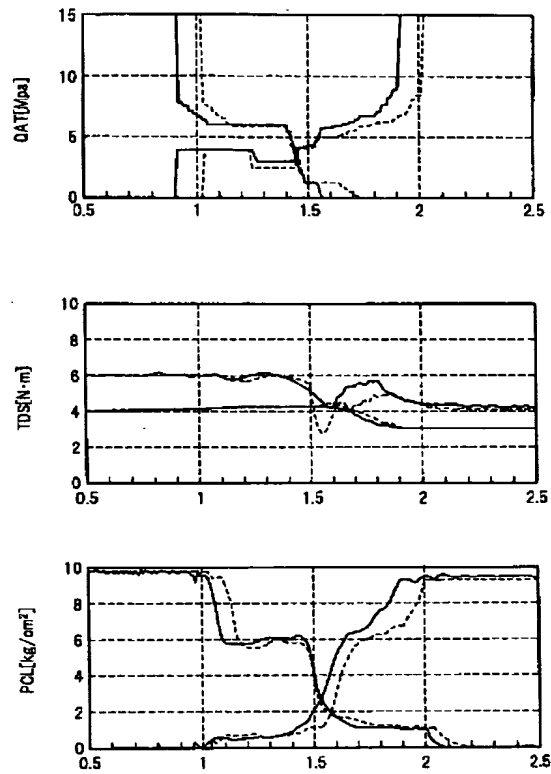
【図34】



【図35】



【図 36】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 祥一  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内  
 (72)発明者 上山口 勉  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内

(72)発明者 寺山 哲  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内  
 (72)発明者 依田 公  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3J552 MA01 NA01 NB01 PA00 RA02  
 SA02 SA56  
 5B046 AA04 JA04 KA05